

수송안전정보시스템 개발

- Development of HAZMAT Information System -

안 승 범 *

Ahn Seung Bum

김 시 곤 **

Kim Si Gon

김 용 진 ***

Kim yong Jin

홍 우 식 ****

Hong Woo Sik

Abstract

Ministry of Environment developed 'Emergency Response Information System (ERIS)' in 2001, which is in operation.

As a next step, currently National Emergency Response Information System (NERIS) is being developed.

The main difference among ERIS and NERIS is to enhance the system in the national level, including transportation of hazardous materials.

This paper introduces concepts and methods applied to NERIS, especially HAZMAT, and the information system, operating strategies.

Based on GIS and transportation-network data, the best route can be offered using Risk Analysis.

Strategies for reporting and first-response information systems are also designed for emergencies in the paper.

**Keyword : Risk Analysis, Hazardous Materials, Information System
Transportation**

* 인천대학교 조교수

** 서울산업대학교 부교수

*** 교통개발연구원 책임연구원

**** 교통개발연구원 연구원

1. 서론

산업의 발달 및 도시화의 증가로 인해 유해화학물질을 포함한 화물수송량은 날로 증가하는 추세이고, 이와 더불어 유해화학물질 수송차량들의 사고 발생 위험도 증대되고 있다. 선진국에서는 이러한 위험요소를 줄이고자 일찍부터 유해화학물질의 수송관련 시스템을 구축하고 있다. 그러므로 국내에서도 첨단기술의 적용 및 체계적인 관리체계 구축을 통해서 유해화학물질 수송의 안전도를 향상시키고, 유해화학물질을 수송하는 차량들의 위치와 상태를 파악함으로써 사고시 대응능력을 향상시키는 것이 요구된다. 또한 유해화학물질 수송차량들이 상수원 보호구역과 인구밀집지역처럼 일단 사고가 발생할 경우 그 피해규모 및 환경오염 피해가 막대한 지역들로 진입하는 것을 규제함으로써 국토의 환경보전과 사고피해규모 절감에 이바지할 수 있다.

본 수송안전정보시스템은 환경부의 차세대 핵심환경기술개발사업 중 『유해화학물질 사고 국가비상대응정보시스템(NERIS) 개발』 내에 구축되어 있는 서브시스템으로서, 이것은 최적수송경로 제공시스템과 조기경보 시스템으로 구성된다.

최적수송경로 제공시스템은 유해화학물질 수송차량에 대하여 일반적인 거리나 통행 시간 기반이 아닌 위험도 기반의 최적경로를 제공함으로써 만약에 발생할 수 있는 대형사고에 대한 피해를 최소화할 수 있도록 하고, 조기경보시스템은 GPS를 이용하여 유해화학물질 수송차량의 위치를 24시간 파악함으로써 통행제한지역이나 상수원 보호구역 등에 차량이 진입하였을 경우 자동으로 단속 및 통제가 가능하고, 또한 사고 발생시 소방서, 경찰서, 병원 등의 관련기관과의 연계를 통해 즉각적이고 효율적인 대응이 가능하도록 하는 것을 목적으로 한다.

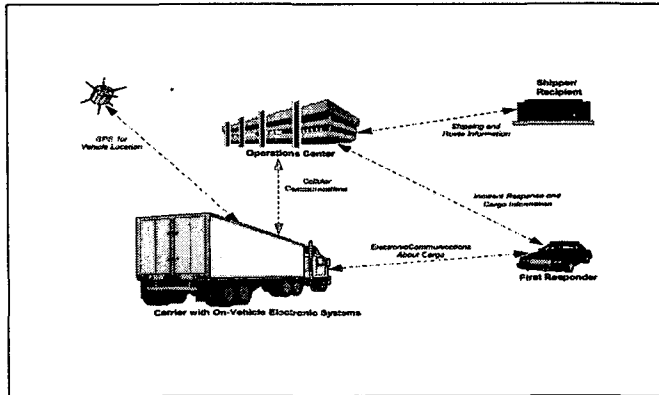
2. 시스템 사례

2.1 미국

미국의 경우 위험물차량 관리가 포함되는 ITS의 CVO분야를 추진하기 위해 국가를 6개의 권역으로 구분하여 여러 프로젝트를 수행 중에 있으며, 이중 화물차량의 운영 및 안전확보를 위한 프로젝트는 Tranzit Xpress와 Operation Respond, Truckdesk로 분류된다.

2.1.1 Tranzit Xpress

Tranzit Xpress는 위험물차량의 모니터링, 사고인식기술, 전산화된 처리방법 등을 포함하는 S/W와 H/W 기반의 사고대응시스템이다. Tranzit Xpress의 주요 목적은 위험물 수송 차량 사고의 즉각 인식과 사고 발생시 그 영향을 최소화하기 위한 시스템 체계 구성에 있다.



< 그림 1 > Transit Xpress 개념도

2.1.2 Operation Respond

Operation Respond는 OREIS(Operation Respond Emergency Information System)라고 불리우는 위험물 인식 및 모니터링 시스템을 설명하며, OREIS 소프트웨어 시스템은 위험물 수송자와 긴급경보기구 사이의 통신경로와 경보규약 및 지침으로 활용된다. Operation Respond는 위험물 정보의 보급을 위한 중심센터로서 도로 및 철도의 위험물 수송사고에 대한 긴급경보의 향상을 목적으로 한다. 해당 위험물수송 담당자는 적재된 위험물의 내용과 상태를 데이터베이스 정보를 통하여 점검이 가능하며, 운행관리자는 적재코드를 제공하고 정확한 데이터베이스의 정보 요구를 위해 OREIS 소프트웨어를 관리한다.

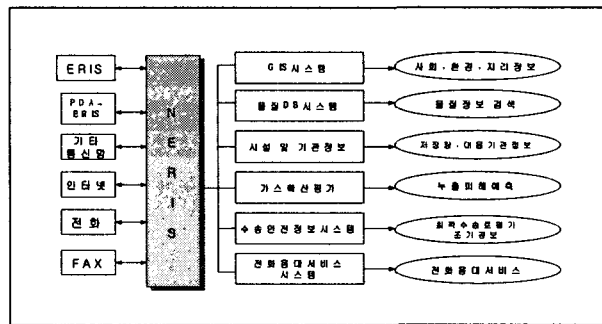
2.2 유럽(GALILEO)

GALILEO는 위성 무선통신 항법시스템으로서, 30개의 위성과 다양한 서비스에서의 사용자 위치와 관련된 정보를 제공하는 ground station으로 구성되어 있으며 각각의 서비스는 다음과 같다.

- Open Services(OS): 도로, 항만, 해운 등 교통 전반에 걸친 위치 및 교통정보서비스
- Commercial Services(CS): 사용자의 목적 특성에 맞는 정보 제공(최적경로, 유료)
- Safety-Of-Life Services(SAS): 위험물, 전과자, 위험인물 모니터링 및 이동에 관련된 서비스
- Search-And-Rescue Services(SAR): 응급상황 발생시 빠르고 정확하게 구조센터에 정보 제공
- Public Regulated Services(PRS): 경찰, 병원, 소방서 등의 공공기관에 제공하는 서비스

2.3 국내(NERIS)

NERIS(National Emergency Response Information System)는 유해화학물질사고에 대한 국가차원의 비상대응정보시스템으로서 환경부의 차세대 핵심환경기술개발사업의 일환으로 2001년부터 개발중이며, GIS시스템, 물질DB시스템, 시설 및 기관정보, 가스 확산평가, 수송안전정보시스템, 전화응대서비스시스템으로 구성되어 있다.



< 그림 2 > NERIS 개념도

3. 최적수송경로 제공시스템 개발

3.1 위험도 분석모형

본 연구에서의 위험도는 차량이 도로 시설을 이용하여 유해화학물질을 수송할 시 야기되는 상대적 위험도에 국한한다. 도로망상에서의 위험도 분석을 위해서는 도로망의 최소단위를 링크(Link)단위로 구분한다. 링크는 이에 속하는 성격이 행정구역 변동, 도로간 교차, 기하구조적 변경 등으로 바뀔 때 노드(Node)로써 구분하는 동질성을 가진 최소 도로 단위로 정의한다. 링크별 위험도는 사고율, 차량사고시 유해화학물질 방출 비율, 링크의 길이, 피해가능규모의 곱으로 표현되고, 경로 전체에 대한 위험도는 해당되는 각각의 링크별 위험도의 합으로써 표현된다.

$$R_i = HTAR_i \times F \times L_i \times N_i \tag{1}$$

여기서,

R_i : 링크 i 에서의 위험도

$HTAR_i$: 링크 i 의 유해화학물질 차량 사고율

F : 차량 사고시 유해화학물질 방출비율

L_i : 링크 i 의 길이

N_i : 링크 i 에서의 피해가능규모

$$R_{Total} = \sum_i R_i \tag{2}$$

여기서,

R_{Total} : 총위험도

차량의 사고율은 식(3)과 같이 통행량 백만대-km당 사고건수로 표현된다.

$$HTAR_i = \frac{A_i \times 1000000}{HADT_i \times 365 \times Years \times L_i} \tag{3}$$

여기서,

A_i : 링크 i 의 사고건수

$HADT_i$: 링크 i 의 유해화학물질차량의 일평균교통량

피해가능규모는 유해화학물질별로 영향을 미칠 수 있는 범위 즉, 피해영향지역 (Impact Area)내의 피해 가능한 노출량으로 정의하고, 또한 피해영향지역은 사고지점에서 적재되어 있는 유해화학물질이 영향을 미칠 수 있는 반경이 형성하는 원이라고 정의한다. 노출량은 인구노출, 환경노출, 시설물노출로 구분되어 질 수 있는데, 본 연구에서는 인구 기준만으로 노출량을 산정한다.

$$N_i = \frac{P_i}{A_i} \times \pi \times D^2 \tag{4}$$

여기서,

P_i : 링크 i 의 해당 피해영향지역내 인구

A_i : 링크 i 의 해당 피해가능지역의 면적

D : 차량 사고시 영향을 미치는 평균영향거리

3.2 데이터베이스 설계 및 구축

3.2.1 데이터베이스 설계

최적수송경로 제공시스템에 필요한 GIS DB는 크게 도형정보와 속성정보로 구분된다.

(1) 도형정보

도형정보는 위치정보와 위상정보로 구성된다. 위치정보는 지리적 공간형상으로 정의

하는 순서를 가진 단순좌표로서 2차원 또는 3차원으로 구성된 점, 선, 면의 형태로 정의되고, 위상정보는 점, 선, 면간의 상호연관성 및 인접성 등을 정의한다. 본 연구에서 필요한 위치정보는 점, 선, 면의 형태로 구분하면 < 표 1 >과 같다.

< 표 1 > 도형정보 입력자료

형태	설명
점	교차로, IC, JC 등 ⇒ 노드(Node)
선	도로 ⇒ 링크(Link)
면	행정구역 ⇒ 존(Zone)

(2) 속성정보

노드, 링크, 존의 도형정보에 따른 각각의 속성정보는 < 표 2 >, < 표 3 >과 같다.

< 표 2 > 노드의 속성정보

필드명	데이터 유형	설명
Shape	Character	점, 선, 면 구분
Node_ID	Number	노드 ID
Node_Type	Number	노드형태의 구분
Node_Name	Character	노드명(option)
Zone_ID	Number	해당 존 ID

< 표 3 > 존의 속성정보

필드명	데이터 유형	설명
Shape	Character	점, 선, 면 구분
Zone_ID	Number	존 ID
Zone_Name	Character	존명
Area	Number	면적
Pop	Number	인구

< 표 4 > 링크의 속성정보

필드명	데이터 유형	설명
Shape	Character	점, 선, 면 구분
Link_ID	Number	링크 ID
Link_Type	Number	링크형태의 구분
Link_Name	Character	링크명(option)
Zone_ID	Number	해당 존 ID
From_Node	Number	시작 노드
To_Node	Number	끝 노드
Length	Number	링크 길이
Lanes	Number	차로수
ADT	Number	일평균 교통량
Accident	Number	사고건수

3.2.2 데이터베이스 구축

(1) 도형정보

도형정보는 교통개발연구원의 NGIS DB를 기반으로 하여 전국의 고속도로와 국도에 국한한 노드 및 링크 정보를 구축하였으며, 존 정보의 경우 전국의 시, 군, 구별 행정 구역을 기준으로 하여 구축하였다.



<그림 3> 링크 및 존의 도형정보

(2) 속성정보

① 사고건수

사고건수 데이터는 도로교통안전관리공단에서 발간된 『2002년 전국 도시 및 도로별 사고 잦은 곳 현황』 자료 중 전체 차량의 사고건수를 링크 기반으로 전산 입력하였다. 이론적으로는 유해화학물질 수송차량의 사고건수만으로 데이터베이스를 구축하여야 하나, 전국 규모의 고속도로 및 국도의 각각 링크별 유해화학물질 수송차량의 사고데이터가 존재하지 않아 전체차량의 사고데이터로 대체하였다. 최적수송경로 제공시, 시간대별 위험도가 달라질 것을 고려하여 본 시스템에서는 주간 사고건수와 야간 사고건수로 구분하여 데이터를 구축하였으며, 주간 및 야간의 적용 시간대는 각각 07:00~19:00, 19:00~07:00로 정의한다. 야간 사고건수는 도로교통안전관리공단에서 발간된

『2002년도 교통사고 통계분석』 자료 중 화물차량 사고건수의 야간비율을 이용하였고, 주간 사고건수는 총 사고건수와 야간 사고건수의 차로 구하였다. 고속도로 및 국도의 화물차량 사고건수 야간비율은 각각 0.396, 0.268로 나타났다.

② 교통량

교통량 데이터는 건설교통부에서 발간된 『2001 도로교통량통계연보』 자료 중 고속도로 및 국도의 구간별 주·야간 교통량을 전산 입력하여 데이터베이스를 구축하였다.

③ 피해가능규모

인구노출에 따른 피해가능규모는 시간대에 따라 달라질 것을 고려하여 주간인구와 야간인구로 구분하였고, 또한 지역에 따라 피해가능규모가 달라질 것을 고려하여 시, 군, 구 단위의 총 245개 존별 주·야간 인구를 도출하였다. 존별 총 인구 및 종사자수에 대한 데이터베이스는 통계청의 자료 협조하에 구축되었고, 존별 주·야간 인구는 총 인구 및 종사자수를 이용하여 식(5)와 식(6)과 같은 가정하에 데이터베이스가 구축되었다.

$$P_i^d = P_i^e + \left(\sum_i P_i^n - \sum_i P_i^e \right) \times \frac{P_i^n}{\sum_i P_i^n} \quad (5)$$

$$\sum_i P_i^d = \sum_i P_i^n \quad (6)$$

여기서,

P_i^d : 존 i의 주간인구

P_i^n : 존 i의 야간인구

P_i^e : 존 i의 종사자수

3.3 최적수송경로 분석

3.3.1 분석 방법

최적수송경로 분석은 위험도를 최소화하는 단일목적모형에 입각하여 ArcView 3.3과 Network Analyst 1.0B를 이용하여 수행하였으며, 이는 최단경로알고리즘에 임피던스(Impedance)를 위험도로 대체한 것이다. 최적수송경로 알고리즘은 전체 경로에 대한 위험도를 결정하기 위해 해당 링크 각각의 위험도를 합산하게 되고, 임의의 O-D(출발지-목적지)간의 여러 경로 중 가장 낮은 총 위험도를 가진 경로를 선택하게 된다.

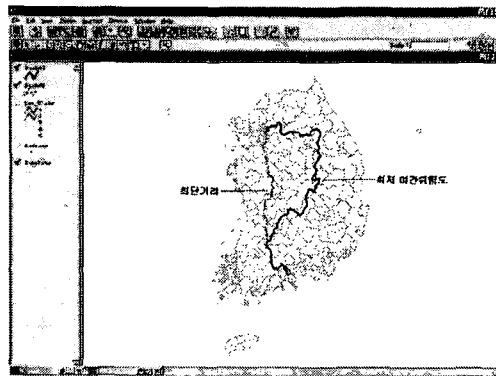
경로 분석시, 환경부의 수질환경보전법시행규칙에 의해 유해물질 수송차량의 통행이 제한된 상수원보호구역내 도로는 해당 링크의 임피던스 값을 무한대로 줌으로써 수송경로의 대상에서 제외시켰다.

차량사고시 유해화학물질 방출비율은 국내의 경우 관련 자료가 존재하지 않으므로 1로 가정한다. 이것은 유해화학물질 수송차량관련 사고가 발생하게 되면, 적재된 유해화학물질의 100%가 차량 외부로 방출된다는 것을 의미한다. 차량 사고시 평균영향거

리는 링크에 따른 변수가 아닌 유해화학물질에 따른 변수이므로 링크별 상대적 위험도만을 임피던스로 한 최적수송경로 분석시 고려하지 않아도 된다.

3.3.2 분석 결과

< 그림 4 >에서 보는 바와 같이 여수-구리간의 최단거리를 임피던스로 한 경로와 최저 야간위험도를 임피던스로 한 경로는 매우 상이함을 보여준다. 최단거리를 임피던스로 한 경로는 전주, 논산, 천안, 오산 등의 비교적 큰 도시들을 경유하나, 최저 야간위험도 기반의 경로는 양평, 진안, 김천, 예천, 횡성을 경유하는 것으로 나타났다. 이것은 인구밀도가 낮은 경기도지역의 한강수계와 강원도, 경상북도, 전라북도의 산간 인접지역을 통과함으로써 피해가능규모가 낮고, 사고율이 낮은 도로를 선택하게 되기 때문이다.



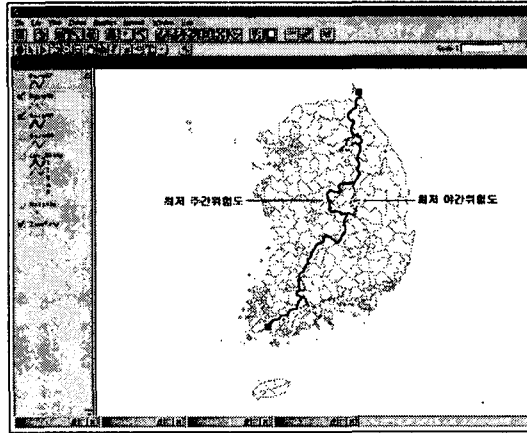
< 그림 4 > 거리 및 야간위험도 기반 경로

주간피해가능규모와 주간위험도 각각을 임피던스로 한 경로는 < 그림 5 >와 같다. 여기서 주간피해가능규모는 주간인구밀도를 고려한 것이며, 주간위험도의 경우, 주간인구밀도 및 주간사고율 모두를 고려한 것이다.



< 그림 5 > 주간피해가능규모 및 주간위험도 기반 경로

< 그림 6 >은 주간위험도와 야간위험도 각각을 임피던스로 한 경로가 차이가 있음을 보여준다. 이로써 위험도에 따른 최적수송경로 제공시, 시간대에 따라 구분하여야 함을 알 수 있다.



< 그림 6 > 주간위험도 및 야간위험도 기반 경로

4. 조기경보 시스템 개발

4.1 수송관리전략 수립

수송관리전략은 유해화학물질 수송관련 업체가 해당 유해화학물질에 대한 정보(출발지와 목적지, 유해화학물질의 종류, 상태 등)를 관리자에게 전송하여 관리자로부터 최적수송경로 모형을 통해 유해물질차량의 최적경로를 제공받은 후 차량이 이동하기 시작하는 부분부터의 관리전략을 의미하며, 이것은 크게 실시간 모니터링 전략, 출발상황 관리 전략, 관련기관 정보제공 전략으로 구분하여 수립한다.

4.1.1 실시간 모니터링 전략

(1) 기본방향

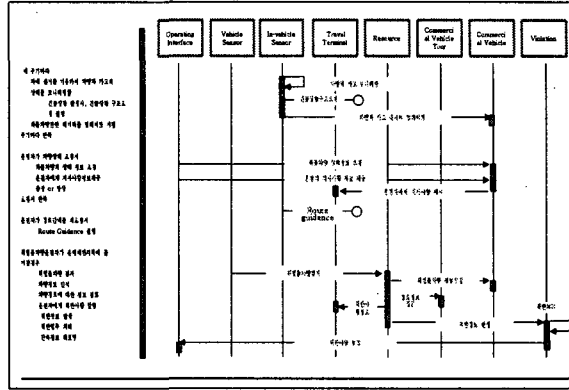
최적경로 정보를 제공받은 운전자는 제공된 경로를 통해 유해화학물질을 수송하며, 수송상황은 GPS를 통해 일정간격(1~5분)으로 전달되는 위치정보(X,Y좌표)와 운행상태정보(차량상태, 운행기록, 유해물질 상태)를 무선통신망을 통해 운영서버에 전송하고 운영서버는 관리자 운영프로그램을 통해 관리자에게 차량의 모니터링 정보를 제공하는 형태로 운영된다.

만약, 제공된 경로를 벗어나거나 GPS 시스템이 작동하지 않는 등의 변화가 있을 경우, 이를 감지하여 경고음이나 관리자 운영프로그램을 통해 시각적으로 나타나도록 한다.

이러한 실시간 통신을 통해 운행상태를 관리자가 신속하게 파악하고 운전자에게 제공함으로써 운전자의 실수로 인한 경로이탈을 바로잡을 수 있고, 부가적으로 교통상황이나 기후조건 등의 큰 변화로 인해 경로의 변경이 불가피할 경우, 최적수송경로 모형을 통해 대체경로를 결정하고 운전자에게 정보를 제공함으로써 좀더 효율적인 운행관리가 이루어지도록 한다.

(2) 시나리오

- ① 차량내 OBU(On-Board Unit)의 전원을 켜다(차량 시동걸림과 동시에 작동되도록 하며, OBU내에는 GPS 수신기, 무선통신기기, 운행기록, 차량상태를 파악할 수 있는 센서 장비가 포함됨).
- ② OBU의 전원이 켜지고 작동이 시작될 때, 차량의 상태와 운행기록, 현재 위치의 정보를 무선통신기기를 통해 운영서버에 송신한다.
- ③ 운영서버는 OBU로부터 수신한 정보를 DB에 저장하며, 지난 OBU의 마지막 기록 정보와 비교하여 이상유무를 체크하고, 이상유무정보를 포함한 운행차량정보를 관리자 운영프로그램에 송신한다.
- ④ 관리자 운영프로그램은 수신된 운행차량정보와 운전자에게 제공된 최적경로정보를 GIS 시스템을 통해 운영자에게 표출한다.
- ⑤ OBU는 최소 1분 단위로 현재의 위치를 GPS 수신기로부터 수신받으며, 수신된 위치정보와 운행기록, 차량상태를 무선통신기기를 통해 운영서버에 송신한다.
- ⑥ 운영서버는 OBU로부터 수신한 차량정보를 DB에 기록하고, GIS 시스템과 연계된 관리자 운영프로그램에 송신한다. OBU로부터 마지막 차량정보 수신 후 최소 2~5분 이내에 새로운 정보가 수신되지 않을 경우에는 돌발상황 관리전략 운영모드로 전환한다.
- ⑦ 관리자 운영프로그램은 수신한 차량정보와 GIS 시스템의 최적경로정보, 운행제한지역정보, 상수원보호구역 정보와 비교하여 경로이탈 및 위반여부를 체크한다.
- ⑧ 경로이탈이 발견될 경우, OBU를 통해 운전자에게 경로이탈을 알리고 경로복귀 알고리즘을 통해 최적경로로 복귀방안을 화면표출을 통해 운영자에게 제시한다.
- ⑨ 위반이 발견될 경우, 위반정보를 OBU를 통해 운전자에게 알리고 위반정보를 운영서버에 기록하며, 경로이탈과 마찬가지로 경로복귀 알고리즘을 통해 최적경로로 복귀방안을 화면표출을 통해 운영자에게 제시한다.
- ⑩ 경로이탈 및 위반이 없을 경우에 관리자 운영프로그램은 OBU로부터 수신한 정보를 GIS 시스템을 이용하여 운영자가 시각적인 식별이 가능하도록 화면에 표출한다.



< 그림 7 > 실시간 모니터링 시퀀스 다이어그램

4.1.2 돌발상황 관리전략

(1) 기본방향

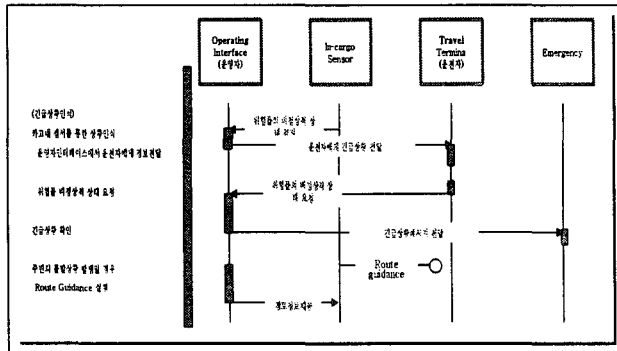
돌발상황 관리전략은 유해화학물질의 수송과정상에 발생하는 돌발상황을 조기에 발견하여 2차 피해를 최소화하고 사후관리를 하기 위한 것으로 차량의 OBU로부터 일정시간(2분~5분)동안 차량정보에 대한 갱신이 없을 경우에 유고 여부를 운영자가 체크할 수 있도록 운전자와의 통신시스템을 구축하고, 운전자와의 통신이 불가능할 경우에는 사고로 판단하여 GPS로부터 수신한 위치정보와 수송관련정보를 관련기관 D/B에 등록된 기관에 자동으로 송신하여 신속한 대응 및 처리가 이루어지도록 한다.

돌발상황 발생에 대한 자동감지는 블랙박스 등의 자동차 사고기록장치 또는 유해물질 상태파악 검지센서 등의 개발이 선행되어 하기 때문에 아직은 OBU의 통신주기를 가지고 판단하거나 운전자와의 통신을 이용하는 방법을 사용하지만, 향후 관련기술의 개발추세에 따라 자동감지로 추진할 것이다.

(2) 시나리오

- ① 유해화학물질 수송차량이 실시간 모니터링 모드로 운행하는 동안 일정주기(1분)단위로 차량정보를 수신하다가 일정주기의 2~3배동안 차량정보가 수신되지 않거나, 5분이상 차량위치의 변동이 이루어지지 않거나, 운행 중 돌발상황이 발생하여 운전자가 OBU의 긴급상황버튼을 누르면 OBU와 연결된 무선통신망을 통해 운영서버에 돌발상황 정보가 수신되며 운영서버는 관리자 운영프로그램을 통해 운영자에게 돌발상황 관리모드의 경고음과 함께 화면에 돌발상황을 표출한다.
- ② 운영자는 돌발상황 경고가 발생하면 차량에 적재된 유해물질의 정보를 운영서버에 요청하고 운전자와의 무선통신을 통해 돌발상황 여부를 확인한다.(운전자의 응답이 없을 경우에는 돌발상황으로 간주함).
- ③ 운영자는 운전자와의 무선통신이 가능한 자체돌발상황의 경우에 운전자로부터 돌발상황 유형, 돌발상황의 심각도, 정확한 위치 및 주변지역정보, 적절한 처리방안 등을 수집하고 관리자 운영프로그램상에 입력한다.
- ④ 운영자가 운전자와의 통신결과 주변의 돌발상황일 경우에는 현재 위치에서의 대안

- 경로를 산출하여 경로변경정보를 운전자에게 제공함으로써 돌발상황을 처리한다.
- ⑤ 관리자 운영프로그램은 돌발상황 관리모드 표출시 운전자와 통신이 불가능할 경우를 대비하여 운영서버로부터 수신한 수송유해물질정보와 차량정보(위치정보, 경로 정보 등)를 확인하고 GIS 시스템의 기후정보, 주변지역특성(인구, 주거형태 등), 최대 피해가능규모 등을 이용하여 처리알고리즘을 수행하고 상황의 심각도 및 처리 방안을 마련한다.
 - ⑥ 관리자 운영프로그램은 운영자가 입력하거나, 자체 알고리즘을 통해 마련한 처리방안을 관련기관 정보 제공모드에 전송하고 모든 처리내용을 운영서버에 입력한다.



< 그림 8 > 돌발상황 관리 시퀀스 다이어그램

4.1.3 관련기관 정보제공 전략

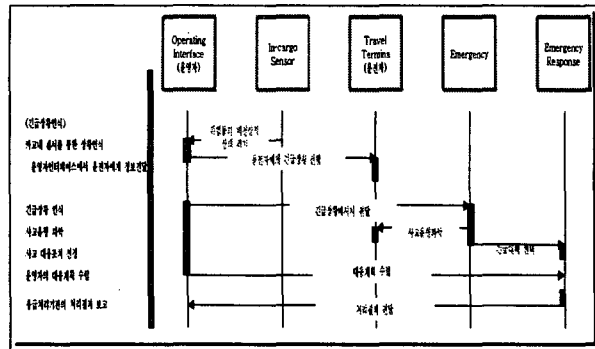
(1) 기본방향

관련기관 정보제공 전략은 돌발상황이 발생하였을 때 이에 대한 정보를 가능한 빨리 가장 적절한(위치, 기능 등을 고려) 관련기관에 제공하여 2차 피해를 최소화 할 수 있는 원활한 사후처리(유해물질처리, 주민대피, 교통통제 등)가 이루어지도록 하기 위한 것이다.

센터에서 돌발상황이 확인되었을 때, 유해화학물질, 차량의 종류 및 크기, 돌발상황에 대한 정보를 수집하고 적절한 처리방법을 마련하여 경찰서, 소방서, 응급처리기관(병원, 위험물 취급소 등), 기타 교통관리센터 등의 관련기관 중 운영서버의 GIS DB에서 가장 가깝고, 처리에 필요한 인력을 보유하고 있는 기관을 선택하여 자동 또는 운영자가 수동으로 정보를 제공하고 처리여부를 확인하는 역할을 수행한다.

(2) 시나리오

- ① 관리자 운영프로그램은 GIS DB에서 가장 가깝고 적절한 규모의 관련기관을 탐색해서 관리자 운영 프로그램의 GIS Map을 이용하여 운영자가 판단 할 수 있도록 화면에 표출한다.
- ② 센터의 운영자는 운전자 또는 관리자 운영프로그램에서 수집한 돌발상황의 심각도 및 처리방안 등을 관련기관에 유선통신을 통해 송신한다.
- ③ 관련기관으로부터 처리불가 등 신속한 처리가 불가능할 경우, 관리자 운영프로그램의 대안기관을 탐색하여 완벽한 처리가 이루어지도록 하며 처리 완료 후에는 관련기관으로부터 처리결과를 수신받아 운영서버에 DB화하여 입력한다.

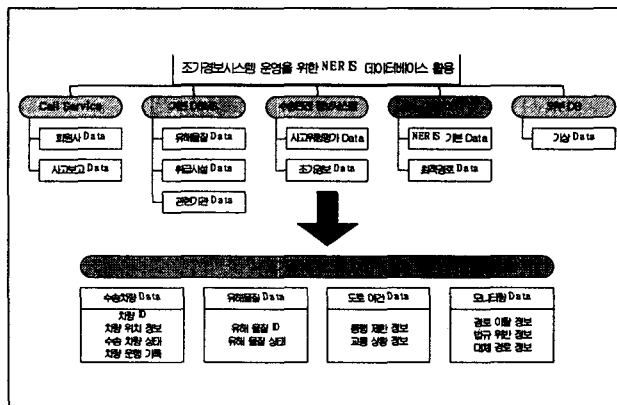


< 그림 9 > 관련기관 정보제공 시퀀스 다이어그램

4.2 관리자 운영프로그램 개발

4.2.1 데이터베이스 설계

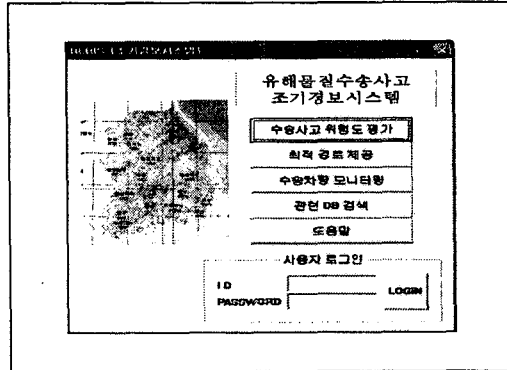
관리자 운영프로그램은 유해물질 수송차량의 모니터링을 목적으로 하기 때문에 기본적으로 데이터베이스는 NERIS의 기초 DB와 위험물차량 최적경로 안내를 위한 GIS DB 등 관련 시스템의 데이터베이스를 적극 활용하도록 하며, 실시간 모니터링을 위해 필요한 추가적인 데이터베이스는 본 시스템 내에 구축하도록 한다.



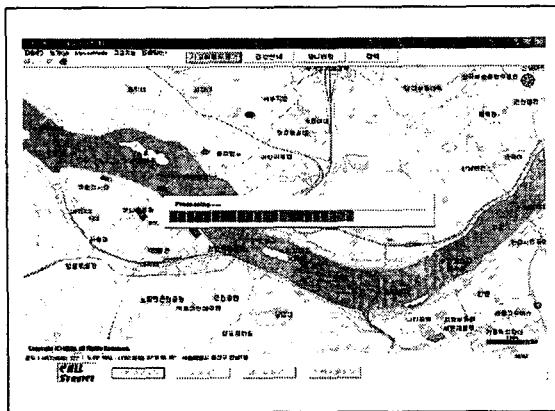
< 그림 10 > 조기경보 시스템의 데이터베이스 구성도

4.2.2 운영화면 구성

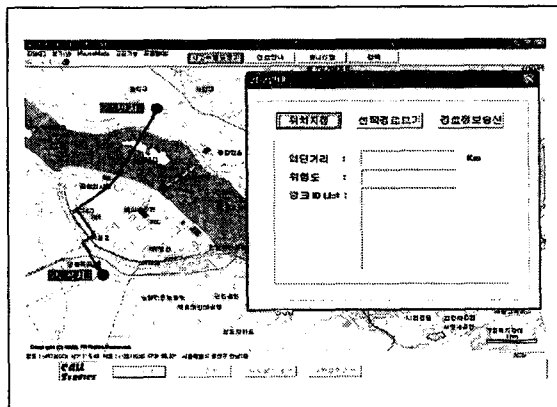
관리자 운영프로그램은 < 그림 11 >에서 보는 바와 같이 수송사고 위험도 평가, 최적경로 제공, 수송차량 모니터링, 관련 DB 검색 등으로 구분되고, 각각의 화면구성은 < 그림 12 >, < 그림 13 >, < 그림 14 >와 같다.



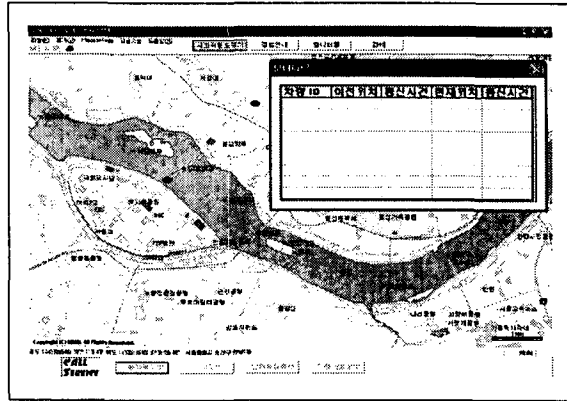
< 그림 11 > 초기화면



< 그림 12 > 위험도 평가 프로그램 화면



< 그림 13 > 최적경로 제공 프로그램 화면



< 그림 14 > 수송차량 모니터링 프로그램 화면

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 전국의 고속도로 및 국도를 대상으로 유해화학물질 수송차량에 대한 최적수송경로 제공시스템과 조기경보 시스템을 개발하였으며, 주요 연구결과는 다음과 같다.

- ① 전국의 고속도로 및 국도를 대상으로 링크별 차량의 사고율, 링크길이, 인구노출기준의 피해가능규모를 이용하여 위험도를 분석하였고, 위험도 분석을 위한 데이터베이스는 시간대별 위험도가 달라질 것을 고려하여 주간과 야간으로 구분하여 GIS기반으로 구축되었다.
- ② 최적수송경로 분석은 일반적인 경제적 비용 측면의 통행시간의 최소화가 아닌 안전성 측면의 위험도를 최소화하는 단일목적모형을 이용하여 수행하였다.
- ③ 수송관리전략에서는 실시간 모니터링 전략, 돌발상황관리 전략, 관련기관 정보제공 전략으로 구분하여 각각의 전략에 대한 기본방향 및 시나리오를 설정하였고, 또한 관리자 운영프로그램은 수송안전정보시스템의 관리를 위해 설계되었다.

향후에는, 다음과 같은 내용들에 대한 추가적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

- ① 본 연구에서는 위험도 분석에 있어 인구노출만을 기준으로 피해가능규모를 산정하였으나 향후에는 인구노출과 환경노출을 함께 고려하여 피해가능규모를 산정하여야 할 것이다.
- ② 향후 최적수송경로 분석에 있어, 기존의 위험도만을 고려한 단일 목적모형이 아닌 위험도와 통행시간을 고려한 다목적 최적수송경로모형을 개발할 것이다. 다목적 최적수송경로모형은 경제적 비용과 안전성 측면 모두를 고려하여, 불필요하게 발생하는 사회적 손실을 방지하고 동시에, 위험물 수송에 대한 안정성을 확보할 수 있는 경로를 제공하는 것에 그 목적이 있다.
- ③ 조기경보시스템의 경우 현재 시스템의 설계 단계에 있으나, 향후 시스템의 구축 및 적용이 필요하다.

6. 참 고 문 헌

- [1] 교통개발연구원, “유해화학물질 국가비상대응정보시스템(NERIS) 개발 중 수송안전 정보시스템 개발”, 환경기술진흥원, 2003.
- [2] 안승범, “위험물 수송체계의 개선 방안”, 교통개발연구원, 1998.
- [3] 장용봉, “GIS를 이용한 위험도분석과 위험물질의 최적이동경로에 대한 연구”, 서울대학교 공학석사학위 논문, 1996.
- [4] 조용성, “위험물 수송을 위한 최적경로 모형 개발”, 아주대학교 공학석사학위 논문, 1999.
- [5] A. G. Hobeika and Sigon Kim, “Databases and Needs for Risk Assessment of Hazardous Materials Shipments by Truck”, Transportation Center at Northwestern University, 1991.
- [6] George F. List and et. al., “Modeling and Analysis for Hazardous Materials Transportation: Risk Analysis and Facility Location”, Transportation Science, 1991.
- [7] U. S. Department. of Transportation, Federal Highway Administration, “Guidelines for Applying Criteria to Designate Routes for Transporting Hazardous Materials”, 1994.

저 자 소 개

안 승 범 : 현 인천대학교 동북아물류대학원 조교수 및 물류학전공 주임교수
미 Virginia Tech. 교통공학박사
관심분야 : 물류, ITS, 화물교통

김 시 곤 : 현 서울산업대학교 철도전문대학원 부교수
미 Virginia Tech. 교통공학박사
관심분야 : 교통, ITS, LBS

김 용 진 : 현 교통개발연구원 책임연구원
미 The University of Texas, Austin 토목공학과 교통전공 박사
관심분야 : 물류, ITS, 교통

홍 우 식 : 현 한국건설관리공사 수원 ITS 감리단 대리
명지대학교 교통공학과 석사
관심분야 : 물류, ITS